

Analisis Tekno Ekonomi Terhadap Implementasi Perangkat Berbasis IOT Untuk Menunjang Efisiensi Energi Di Kantor Telkom Akses Purwokerto

1st Zulfikar Helmi Tambunan
Mahasiswa

Universitas Telkom Kampus Purwokerto
Purwokerto, Indonesia
Zulfikarhelmi39@gmail.com

2nd Danny Kurnianto
Dosen

Universitas Telkom Kampus Purwokerto
Purwokerto, Indonesia
dannykurnianto@telkomuniversity.ac.id

3rd Indah Permatasari
Dosen

Universitas Telkom Kampus Purwokerto
Purwokerto, Indonesia
indahpermatasari@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Jejak karbon merupakan emisi karbon dari aktivitas manusia yang berdampak negatif, seperti kekeringan, berkurangnya air bersih, cuaca ekstrem, dan kerusakan alam. Pengurangan emisi di tingkat perusahaan dapat meningkatkan reputasi, mengurangi biaya, dan memperbaiki kinerja keuangan. Net-Zero Emission (NZE) adalah kondisi di mana emisi karbon seimbang dengan serapan bumi, membutuhkan transisi ke energi bersih. Indonesia berencana mencapai NZE pada 2060 melalui strategi jangka panjang rendah karbon. Internet of Things (IoT) memungkinkan pengaturan energi yang lebih efisien di rumah dan gedung, menghemat energi dan biaya. Permasalahan diatas mendapat respon dari penulis untuk dapat diterapkan penghematan daya listrik pada Kantor Telkom Akses Purwokerto. Didapatkan hasil setelah melakukan simulasi penerapan dan survey alat kelistrikan pada Kantor Telkom Akses Purwokerto, Payback Period (PP) sebesar 41,7 bulan (3,48 tahun), nilai RoI sebesar 12,75% dengan periode investasi 4 tahun atau sebesar 79.109,76 kWh atau Rp114.337.857,00 dan hasil Quality of Service dengan parameter throughput, delay, packet loss, dan jitter dengan kategori “baik”. Kesimpulannya, proyek ini menguntungkan dalam segi efisiensi biaya operasional kantor, efisiensi energi dan secara ketersediaan layanan juga cukup memadai untuk diterapkan di Kantor Telkom Akses Purwokerto

Kata Kunci: Jejak Karbon, Quality Of Service, Return on Investment, Payback Period

I. PENDAHULUAN

Berdasarkan data dari WRI (World Resource Institute) pada tahun 2014 menempatkan Indonesia pada posisi enam besar di dunia sebagai penghasil emisi karbon terbesar dengan tingkat emisi 1,981 miliar ton per tahun[16]. Net-Zero Emission (NZE) atau nol emisi karbon adalah situasi dimana jumlah karbon yang dilepaskan ke atmosfer tidak

melebihi apa yang diserap bumi. Untuk mencapai hal tersebut, transisi dari sistem energi saat ini ke sistem energi yang lebih bersih diperlukan untuk mencapai keseimbangan antara aktivitas manusia dan keseimbangan alam. Indonesia sendiri telah mengajukan rencana jangka panjang rendah karbonnya ke UNFCCC yang disebut dengan Long-term Strategy for Low Carbon and Climate Resilience (LTS-LCCR). Dokumen tersebut menyatakan bahwa Indonesia akan mencapai kondisi NCE pada tahun 2060 atau lebih awal [9]. Dalam konteks ini, teknologi Internet of Things (IoT) menawarkan solusi inovatif untuk mengurangi jejak karbon dan meningkatkan efisiensi energi. IoT memungkinkan perangkat untuk saling berkomunikasi dan berbagi data secara real-time, sehingga memungkinkan pemantauan dan pengendalian energi secara lebih efektif dan efisien. Implementasi IoT di sektor energi dapat mengoptimalkan sumber daya, mengurangi pemborosan, dan meminimalkan emisi karbon yang dihasilkan oleh aktivitas operasional.

II. KAJIAN TEORI

Pada Penelitian yang ditulis oleh I Wayan Sukadana Sistem kontrol inncom dipilih karena mampu mengatur sistem kelistrikan setiap kamar secara otomatis. dilakukan di The Laguna, A Luxury Collection Resort & Spa, saat kamar tidak ditempati tamu, maka temperatur ruangan di 22° C dan semua lampu kamar akan mati, saat tamu masuk kamar lampu akan menyala dan suhu ruangan berubah menjadi 20° C[2]. Pada penelitian yang ditulis oleh Chrysi K. Metallidou, Kostas E.Psannis, Eugenia Alexandropoulou mengacu pada alasan yang mendorong Uni Eropa menyusun Peraturan untuk memfasilitasi transformasi kota- kota yang ada, mulai dari gedung yang sudah ada, menjadi gedung pintar. Kami mengusulkan template bangunan cerdas yang mengelola kinerja semua sistem teknis melalui teknologi IoT dengan tujuan mencapai efisiensi energi dan untuk untuk meningkatkan sertifikasi bangunan[12]. Pada penelitian yang ditulis oleh Syaiful Ahdan, Erliyan Redy Susanto bertujuan untuk membangun perangkat kendali yang memanfaatkan teknologi jaringan internet dengan menghubungkan sebuah perangkat melalui sistem pada perangkat seluler,

diimplementasikan pada fitur rumah pintar yang telah dihubungkan dengan perangkat sensor sehingga peralatan elektronik dapat dikontrol sesuai dengan kondisi yang diinginkan secara otomatis atau dikendalikan langsung melalui aplikasi android[20]. Penelitian yang dilakukan Anggra Ariyadi, Hani Zulfia Zahro, Joseph Dedy Irawan bertujuan menerapkan Internet of Things pada konsep smart building dengan merancang web dengan beberapa fitur yaitu memonitoring tiap sensor yang digunakan, melakukan kontroling pada output yang digunakan dengan mendesain alat, digunakan logika Fuzzy Mamdani untuk menentukan kecepatan kipas angin[18]. Penelitian yang dilakukan Masnur, Marlina Irvan prototype yang mampu dan bisa dikontrol dari jarak jauh menggunakan internet, sistem ini bisa dikendalikan baik menggunakan komputer PC atau menggunakan mobile phone. Sistem menggunakan IP Address yang terdapat didalam raspberry pi[13]. Penelitian oleh Novian Bayu Putranto, Agus Dharma, Putu Ayu Rhamani Suryadhipenelitian membuat Audit energi pada ini digabungkan dengan alat monitoring energi listrik berbasis IoT agar listrik dapat dipantau secara Real Time. Monitoring energi listrik berbasis IoT ini menggunakan Arduino Nano sebagai pemroses data sekaligus pengirim data ke sebuah layanan situs bernama Thingspeak[6]. Penelitian oleh Muhammad Distya Rizky, Shalilla Farrah Sahita, Indra Dwisaputra, Nofriyani terkait Smartphone dimanfaatkan sebagai perangkat untuk mengontrol penerangan buatan berupa lampu. Sistem kontrol ini memungkinkan smartphone digunakan sebagai kontrol on-off lampu real-time dari jarak jauh menggunakan Internet of Things (IoT). Sistem kontrol di program menggunakan Arduino IDE dan menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP8266[8]. Penelitian berikutnya oleh Nahin Ar Rabbani, Yee-Loo Fo mengenai Solusi yang diusulkan mencakup aplikasi web bagi peneliti untuk memberikan gambaran tentang jumlah listrik yang dikonsumsi dengan biaya unit harian dan bulanan, serta menyediakan fungsi kontrol otomatis dan manual pada peralatan. Sensor energi listrik PZEM-004T digunakan dengan NodeMCU ESP8266 untuk menentukan konsumsi energi[5]. Penelitian oleh M. Amalia, B. Paramita, R. Minggra, MD Koerniawan terkait Konsumsi energi dapat dianalisis menggunakan aplikasi kinerja bangunan seperti Sefaira. Sefaira digunakan sebagai metode untuk mensimulasikan energi bangunan yang memungkinkan energi dimanfaatkan secara efisien Standar dan pedoman efisiensi energi didasarkan pada ASHRAE 90.1 – 2013 tentang Sefaira[14].

A. Smart Switch

Smart Switch merupakan sebuah perangkat berbasis Internet of Things (IoT) yang berfungsi sebagai pengganti saklar listrik yang menggunakan timer untuk mengatur nyala atau matinya aliran listrik. Alat ini dapat mengirimkan informasi ke internet melalui WiFi, yang nantinya dapat dikontrol secara jarak jauh oleh user.

B. Smart Plug

Jenis perangkat yang disebut smart plug memiliki kemampuan untuk terintegrasi dan terhubung ke internet. Oleh karena itu, perangkat ini dapat menjadwalkan, menyalakan/mematikan, dan bahkan mengontrol daya pemakaian perangkat yang terhubung dengannya. Aplikasi yang tertanam di smartphone mengontrol perangkat ini.

C. Smart IR

Remote infrared berfungsi sebagai alat pengontrol yang memungkinkan beberapa perangkat elektronik seperti lampu, kipas angin, pendingin udara, televisi, dan gadget lainnya dioperasikan dari jarak jauh. Sistem sensor remote yang memanfaatkan infrared pada dasarnya berfungsi sebagai alat komunikasi yang menghubungkan dua perangkat.

D. Return Of Investment

Return on Investment atau ROI adalah metrik yang digunakan untuk mengevaluasi profitabilitas dari sebuah investasi. Ini sering digunakan untuk menilai seberapa efektif investasi.

E. Payback Periode

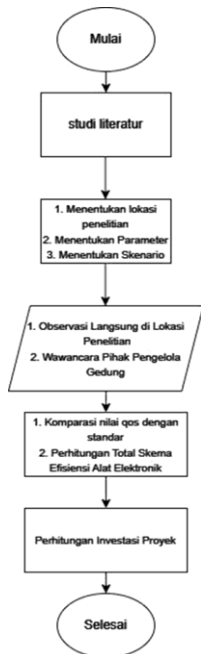
Payback period adalah periode yang dibutuhkan untuk menutup kembali pengeluaran investasi atau initial cash investment. Artinya, kurun waktu yang dibutuhkan agar bisa menutup kembali pengeluaran saat investasi dengan memakai proceeds atau aliran kas netto alias net cash flows.

F. Quality Of Service

Kualitas Layanan (Quality of Service, QoS) merupakan konsep penting dalam pengelolaan jaringan yang memastikan pengiriman data dengan cepat, akurat, dan dapat diprediksi. QoS mengontrol dan mengelola sumber daya jaringan dengan menetapkan prioritas untuk tipe data tertentu, sehingga meminimalkan latency, packet loss, dan jitter.

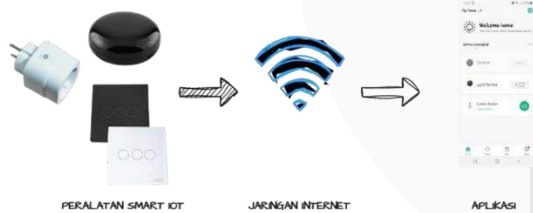
III. METODE

Dalam alur tugas akhir ini berawal dengan menggunakan beberapa studi literatur, referensi yang digunakan sebagai muara diambil dari beberapa jenis seperti buku elektronik, jurnal, maupun website yang memiliki keterkaitan dengan judul tugas akhir yang diambil, kajian literasi mengenai Arsitektur IoT dan perangkat IoT apa saja yang dapat digunakan untuk mendukung efisiensi energi yang tersedia di pasaran. Literatur studi mencakup jenis aktuator dan sensor, serta mekanisme otomatisasi efisiensi energi menggunakan IoT. Dalam proses yang kedua dilakukan dari mulai survei terhadap alat elektronik dengan beberapa hal yang di survei mulai dari jenis elektronik, durasi pengoperasian perangkat, dan daya perangkat elektronik untuk nantinya dilakukan penerapan perangkat IoT untuk bisa dianalisa nantinya, survei dilakukan di kantor Telkom akses Purwokerto dengan jam operasi mulai dari jam 08.00 wib hingga 17.00 wib dengan 5 hari kerja dalam 1 minggu. Berikutnya dengan dilakukan contoh penerapan alat iot pada satu ruangan untuk kemudian mengetahui pengambilan nilai QoS dari jaringan yang tersedia dan berikutnya dilakukan perhitungan nilai dilakukan perhitungan serta analisis terkait sudut ekonomi untuk mengetahui terkait efisiensi energi menggunakan IoT dapat dilakukan di kantor Telkom akses purwokerto berdasarkan metode perhitungan ROI dan payback period.



GAMBAR 3.1
(DIAGRAM ALIR PENELITIAN)

Berdasarkan Gambar 3.2 Arsitektur solusi yang direkomendasikan terdiri dari 3 bagian utama yaitu Jaringan Perangkat dan Aplikasi. Dari sisi perangkat, rekomendasi perangkat antara lain lampu smart switch (berfungsi untuk saklar lampu), Smart Plug (untuk perangkat elektronik yang terhubung ke stopkontak), dan remote infra merah (untuk perangkat elektronik yang dapat dikontrol menggunakan infra merah). Semua perangkat tersebut terhubung ke jaringan internet Wi-Fi dan mengirimkan data ke aplikasi yang telah dirancang untuk menampilkan data dan mengontrol perangkat. Rata-rata harga perangkat aktuator yang diketahui dan tersedia di pasaran dapat dilihat pada Tabel 3.1



GAMBAR 2
ARSITEKTUR PERANGKAT IOT



GAMBAR 3
DENAH RUANGAN

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

TABEL 1
(TOTAL INVESTASI AWAL)

No	Jenis Perangkat	Jumlah Penerapan	Sub Total
1	Smart Switch	34	Rp5.466.000,00
2	Smart Plug	9	Rp1.152.000,00
3	Smart IR	12	Rp1.692.000,00
total			Rp8.310.000,00

Perhitungan RoI tidak hanya mempertimbangkan investasi awal, tetapi juga keuntungan yang dihasilkan dari penghematan energi berkat otomatisasi sistem pencahayaan menggunakan smart switch. Sebelum implementasi, konsumsi energi lampu tercatat rata-rata 14 jam per hari selama 5 hari kerja, meskipun aktivitas operasional kantor hanya berlangsung 9 jam. Tabel menyajikan estimasi penghematan energi dan biaya yang dihasilkan dari implementasi sistem ini.

TABEL 2
(ESTIMASI PENGHEMATAN ENERGI RUANG KONSTRUKSI)

Nama Ruang	Jenis Alat Elektronik	Jumlah	durasi nyala sebelum penghematan (jam)	durasi nyala setelah penghematan (jam)	daya perangkat (Watt)	energi per hari (Watt) sebelum penghematan	energi per hari (Watt) setelah penghematan	energi per bulan setelah penghematan (kWh)
Konstruksi	Printer	2	12	9	16	384	288	2,112
Konstruksi	AC	1	12	9	1600	19200	14400	105,6
Konstruksi	Lampu LED	9	12	9	15	1620	1215	8,91

Dengan rumus untuk energi sebelum penghematan di dapatkan dengan durasi nyala sebelum penghematan x jumlah x daya perangkat, dan untuk energi sesudah penghematan menggunakan rumus durasi nyala sebelum penghematan x jumlah x daya perangkat. Didapatkan pada ruang konstruksi, penghematan perbulan pada kebutuhan AC adalah 105,6 kwh, untuk kebutuhan lampu LED sebesar 8,91 kwh dan pada printer sebesar 2,112 kwh.

TABEL 3
(ESTIMASI PENGHEMATAN ENERGI RUANG MAINTENANCE)

Nama Ruang	Jenis Alat Elektronik	Jumlah	durasi nyala sebelum penghematan (jam)	durasi nyala setelah penghematan (jam)	daya perangkat (Watt)	energi per hari (Watt) sebelum penghematan	energi per hari (Watt) setelah penghematan	energi per bulan setelah penghematan (kWh)
Maintenance	AC	1	12	9	730	8760	6570	48,18
Maintenance	Lampu LED	2	12	9	10	240	180	1,32

Dengan rumus untuk energi sebelum penghematan di dapatkan dengan durasi nyala sebelum penghematan x jumlah x daya perangkat, dan untuk energi sesudah penghematan menggunakan rumus durasi nyala sebelum penghematan x jumlah x daya perangkat. Didapatkan pada ruang maintenance, penghematan perbulan pada kebutuhan AC adalah 48,18 kwh, untuk kebutuhan lampu LED sebesar 1,32 kwh.

TABEL 4
ESTIMASI PENGHEMATAN ENERGI RUANG MANAGER

Nama Ruang	Jenis Alat Elektronik	Jumlah	durasi nyala sebelum penghematan (Jam)	durasi nyala setelah penghematan (jam)	daya perangkat (Watt)	energi per hari (Watt) sebelum penghematan	energi per hari (Watt) setelah penghematan	energi per bulan setelah penghematan (kWh)
Manager	AC	1	12	9	730	8760	6570	48,18
Manager	Lampu LED	4	12	9	10	480	360	2,64
Manager	Dispenser	1	24	9	420	10080	3780	138,6

Dengan rumus untuk energi sebelum penghematan di dapatkan dengan durasi nyala sebelum penghematan x jumlah x daya perangkat, dan untuk energi sesudah penghematan menggunakan rumus durasi nyala sebelum penghematan x jumlah x daya perangkat. Didapatkan pada ruang manager, penghematan perbulan pada kebutuhan AC adalah 48,18 kwh, untuk kebutuhan Dispenser sebesar 138,6 kwh, untuk kebutuhan lampu LED sebesar 2,64.

TABEL 5
ESTIMASI PENGHEMATAN ENERGI RUANG MUSHOLA

Nama Ruang	Jenis Alat Elektronik	Jumlah	durasi nyala sebelum penghematan (Jam)	durasi nyala setelah penghematan (jam)	daya perangkat (Watt)	energi per hari (Watt) sebelum penghematan	energi per hari (Watt) setelah penghematan	energi per bulan setelah penghematan (kWh)
Mushola	AC	1	12	9	35	420	315	2,31
Mushola	Lampu LED	4	12	9	10	480	360	2,64

Dengan rumus untuk energi sebelum penghematan di dapatkan dengan durasi nyala sebelum penghematan x jumlah x daya perangkat, dan untuk energi sesudah penghematan menggunakan rumus durasi nyala sebelum penghematan x jumlah x daya perangkat. Didapatkan pada ruang mushola, penghematan perbulan pada kebutuhan AC adalah 2,31 kwh, untuk kebutuhan Dispenser sebesar 2,64 kwh.

TABEL 6
ESTIMASI PENGHEMATAN ENERGI RUANG PANTRY

Nama Ruang	Jenis Alat Elektronik	Jumlah	durasi nyala sebelum penghematan (Jam)	durasi nyala setelah penghematan (jam)	daya perangkat (Watt)	energi per hari (Watt) sebelum penghematan	energi per hari (Watt) setelah penghematan	energi per bulan setelah penghematan (kWh)
Pantry	Lampu LED	1	12	9	10	120	90	0,66
Pantry	Dispenser	1	24	9	420	10080	3780	138,6

Dengan rumus untuk energi sebelum penghematan di dapatkan dengan durasi nyala sebelum penghematan x jumlah x daya perangkat, dan untuk energi sesudah penghematan menggunakan rumus durasi nyala sebelum penghematan x jumlah x daya perangkat. Didapatkan pada ruang pantry, penghematan perbulan pada kebutuhan Dispenser sebesar 138,6 kwh dan kebutuhan lampu LED sebesar 0,66 kwh.

TABEL 7
ESTIMASI PENGHEMATAN ENERGI RUANG PELATIHAN

Nama Ruang	Jenis Alat Elektronik	Jumlah	durasi nyala sebelum penghematan (Jam)	durasi nyala setelah penghematan (jam)	daya perangkat (Watt)	energi per hari (Watt) sebelum penghematan	energi per hari (Watt) setelah penghematan	energi per bulan setelah penghematan (kWh)
Pelatihan	AC	2	12	9	730	17520	13140	96,36
Pelatihan	Lampu LED	8	12	9	10	960	720	5,28
Pelatihan	Dispenser	1	24	9	350	8400	3150	115,5

Dengan rumus untuk energi sebelum penghematan di dapatkan dengan durasi nyala sebelum penghematan x jumlah x daya perangkat, dan untuk energi sesudah penghematan menggunakan rumus durasi nyala sebelum penghematan x jumlah x daya perangkat. Didapatkan pada ruang pelatihan, penghematan perbulan pada kebutuhan AC adalah 96,36 kwh, untuk kebutuhan Dispenser sebesar 115,5 kwh, untuk kebutuhan lampu LED sebesar 5,28 kwh.

TABEL 8
ESTIMASI PENGHEMATAN ENERGI RUANG RAPAT

Nama Ruang	Jenis Alat Elektronik	Jumlah	durasi nyala sebelum penghematan (Jam)	durasi nyala setelah penghematan (jam)	daya perangkat (Watt)	energi per hari (Watt) sebelum penghematan	energi per hari (Watt) setelah penghematan	energi per bulan setelah penghematan (kWh)
Rapat	TV	1	12	9	150	1800	1350	9,9
Rapat	AC	1	12	9	730	8760	6570	48,18
Rapat	Lampu LED	4	12	9	10	480	360	2,64

Dengan rumus untuk energi sebelum penghematan di dapatkan dengan durasi nyala sebelum penghematan x jumlah x daya perangkat, dan untuk energi sesudah penghematan menggunakan rumus durasi nyala sebelum penghematan x jumlah x daya perangkat. Didapatkan pada ruang rapat, penghematan perbulan pada kebutuhan AC adalah 48,18 kwh, untuk kebutuhan lampu LED sebesar 2,64 kwh dan pada TV sebesar 9,9 kwh.

TABEL 9
ESTIMASI PENGHEMATAN ENERGI RUANG SS

Nama Ruang	Jenis Alat Elektronik	Jumlah	durasi nyala sebelum penghematan (Jam)	durasi nyala setelah penghematan (jam)	daya perangkat (Watt)	energi per hari (Watt) sebelum penghematan	energi per hari (Watt) setelah penghematan	energi per bulan setelah penghematan (kWh)
Shared Services	AC	2	12	9	1600	38400	28800	211,2
Shared Services	Printer	3	24	9	16	1152	432	15,84
Shared Services	Lampu LED	7	12	9	15	1260	945	6,93
Shared Services	Dispenser	1	24	9	420	10080	3780	138,6

Dengan rumus untuk energi sebelum penghematan di dapatkan dengan durasi nyala sebelum penghematan x jumlah x daya perangkat, dan untuk energi sesudah penghematan menggunakan rumus durasi nyala sebelum penghematan x

jumlah x daya perangkat. Didapatkan pada ruang SS, penghematan perbulan pada kebutuhan AC adalah 211,2 kwh, untuk kebutuhan Dispenser sebesar 138,6 kwh, untuk kebutuhan lampu LED sebesar 6,93 kwh, untuk printer sebesar 15,84 kwh.

Hasil survei menunjukkan bahwa penghematan energi yang dapat dicapai adalah sebesar 1648,812 kWh per bulan atau sebesar Rp2.382.038,00 per bulan, dengan skema penghematan selama 4 tahun sesuai dengan masa pakai alat Perhitungan RoI, yang dijabarkan secara detail melalui penghitungan berikut ini:

$$\text{RoI: } \frac{114.337.857,00 - 8.310.000}{8.310.000} \times 100\% = 12,75\%$$

(4.1)

Berdasarkan perhitungan di atas, menghasilkan nilai %, mengindikasikan investasi ini menguntungkan dan layak direkomendasikan untuk diimplementasikan.

Metode Payback Period juga digunakan untuk menilai kelayakan investasi proyek smart switch, smart IR dan smart plug. Perhitungan Payback Period, yang dijabarkan berikut ini:

$$PP \text{ (Bulan)} = \frac{8.310.000}{2.382.038} \times 100\% = 3,48 \text{ Tahun (41,7 Bulan)}$$

(4.2)

Analisis payback period menunjukkan bahwa investasi pada proyek smart switch ini akan kembali sepenuhnya dalam kurun waktu 41,7 bulan dari masa pakai perangkat yang diestimasi selama 4 tahun. Dengan demikian, diproyeksikan bahwa seluruh investasi awal akan terakomodir dalam waktu 41,7 bulan.

V KESIMPULAN DAN SARAN

1. Payback Period (PP): Investasi pada proyek smart switch, smart IR, dan smart plug dapat kembali dalam waktu yang baik, yaitu sekitar 41,7 bulan (3,48 tahun). Ini menunjukkan bahwa modal yang dikeluarkan dapat terakumulasi kembali melalui penghematan energi dan sebelum masa pakai alat habis.
2. Return on Investment (RoI): Dengan nilai RoI sebesar 12,75 % per 4 tahun, investasi ini menguntungkan dan layak untuk direkomendasikan. Penghematan energi sebesar 1648,812 kWh per tahun atau Rp14.337.857,00 per tahun.
3. Throughput, Packet Loss, dan Delay, Jitter: Keempat parameter ini dikategorikan sebagai "baik" berdasarkan standar referensi yang relevan. Dalam 10 variasi jarak hanya 1 variasi jarak yang dikategorikan "sedang".

REFERENSI

[1] Unair, "Analisis Pengungkapan Emisi Karbon Perusahaan Indonesia," 16 Mei 2024. [Online]. Available: <https://unair.ac.id/analisis-pengungkapan-emisi-karbon-perusahaan-indonesia/>. [Accessed 1 juni 2024].

[2] I. W. Sukadana, "Analisis Efisiensi Energi Listrik Dengan Menggunakan Sistem Kontrol Incom Di The Laguna, A Luxury Collection Resort & Spa," Jurnal Ilmiah, vol. v, p. 133, 2022.

[3] E. F. Santika, "Katadata Media Network," 7 Juli 2023. [Online]. Available: <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2023/07/04/melihat-jejak-emisi-co2-dari--energi-sektor-lapangan-usaha-dan-rumah-tangga-indonesia>. [Accessed 1 juni 2024].

[4] M. D. Rizky, "SISTEM KONTROL DAN MONITORING ENERGI LAMPU PINTAR MENGGUNAKAN APLIKASI BERBASIS INTERNET OF THINGS," PROSIDING SEMINAR NASIONAL, vol. II, p. 13, 2022.

[5] N. A. Rabbani, "Otomatisasi Rumah untuk Mengurangi Konsumsi Energi," Jurnal Internasional Teknologi, vol. XIII, no. 6, p. 1252, 2022.

[6] N. B. Putranto, "AUDIT ENERGI DAN MONITORING BERBASIS IOT UNTUK PENINGKATAN LISTRIK DI ART CENTER DENPASAR," Jurnal SPEKTRUM Vol. 9, vol. 9, pp. 80-81, 2022.

[7] PPSDM, "Jejak Karbon dalam Kehidupan," 21 Februari 2022. [Online]. Available: <https://ppsdmaparatur.esdm.go.id/berita/jejak-karbon-dalam-kehidupan>. [Accessed 01 Juni 2024].

[8] R. S. Novian Bayu Putranto, "AUDIT ENERGI DAN MONITORING BERBASIS IOT UNTUK PENINGKATAN EFISIENSI LISTRIK DI ART CENTER DENPASAR," Jurnal SPEKTRUM, vol. IX, no. 2, p. 79, 2022.

[9] D. Nabila Putri Zahira, "PEMERINTAH INDONESIA MENUJU TARGET NET ZERO EMISSION (NZE) TAHUN 2060 DENGAN VARIABLE RENEWABLE ENERGY (VRE) DI INDONESIA," pp. 114-115, 2 Desember 2022.

[10] Muhammad Madyan, "Analisis Pengungkapan Emisi Karbon Perusahaan Indonesia," 16 mei 2024. [Online]. Available: <https://unair.ac.id/analisis-pengungkapan-emisi-karbon-perusahaan-indonesia/>. [Accessed 1 juni 2024].

[11] L. miller, "Buildings IoT," 23 januari 2023. [Online]. Available: <https://www.buildingsiot.com/blog/leverage-iot-for-energy-efficiency-in-building-management-bd>. [Accessed 1 juni 2024].

[12] C. K. METALLIDOU, "Efisiensi Energi di Gedung Cerdas: Pendekatan IoT," vol. 8, p. 63680, 2020.

- [13] M. Masnur, "Sistem Pengendali Energi Listrik Menggunakan Raspberry Pi Pada Smart Building Kampus," *Building of Informatics, Technology and Science*, vol. III, p. 674, 2022.
- [14] M. K. M Amalia, "Efisiensi Energi pada Gedung Perkantoran di Jakarta Selatan," *Ilmu Bumi dan Lingkungan*, vol. V, no. 12, p. 520, 2020.
- [15] A. Lidwina, "Sumber Emisi Karbon Global," 28 mei 2021. [Online]. Available: <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2021/05/28/listrik-sumber-emisi-karbon-terbesar-pada-2020>. [Accessed 1 juni 2024].
- [16] m. iqbal, "lindungihutan," 28 april 2023. [Online]. Available: <https://lindungihutan.com/blog/apa-itu-net-zero-emission/>. [Accessed 1 juni 2024].
- [17] a. digital, "Teknologi Internet of Things (IoT) dan Perannya untuk Membantu Kehidupan Sehari-hari," 07 juli 2023. [Online]. Available: <https://astradigital.id/article/detail/teknologi-internet-of-things-iot-dan-perannya-untuk-membantu-kehidupan-sehari-hari>. [Accessed 1 juni 2024].
- [18] A. D. Ariyadi, "PROTOTYPE PENERAPAN SMART BUILDING BERBASIS INTERNET OF THING," *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika*, vol. VII, no. 1, p. 797, 2023.
- [19] L. Amelia, "linknet enterprise," 20 april 2023. [Online]. Available: <https://www.linknet.id/article/internet-of-things>. [Accessed 1 juni 2024].
- [20] S. Ahdan, "IMPLEMENTASI DASHBOARD SMART ENERGY UNTUK PENGONTROLAN RUMAH PINTAR PADA PERANGKAT BERGERAK BERBASIS INTERNET OF THINGS," *Jurnal TEKNOINFO*, vol. 15, no. 1, p. 26, 2021.
- [21] Admin, "ofis blue power teknologi," 26 oktober 2022. [Online]. Available: <https://ofis.bluepowertechnology.com/kenali-apa-itu-internet-of-things-cara-kerja-manfaatnya>. [Accessed 1 juni 2024].